



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 197 54 857 C 2**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 23 K 9/095
B 23 K 9/127
B 25 J 13/08

②① Aktenzeichen: 197 54 857.1-34
②② Anmeldetag: 10. 12. 1997
④③ Offenlegungstag: 2. 7. 1998
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30. 11. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑥⑥ Innere Priorität:

296 22 039. 6	18. 12. 1996
297 04 813. 9	17. 03. 1997

⑦③ Patentinhaber:

MOTOMAN robotec GmbH, 85391 Allershausen,
DE

⑦④ Vertreter:

Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München

⑦② Erfinder:

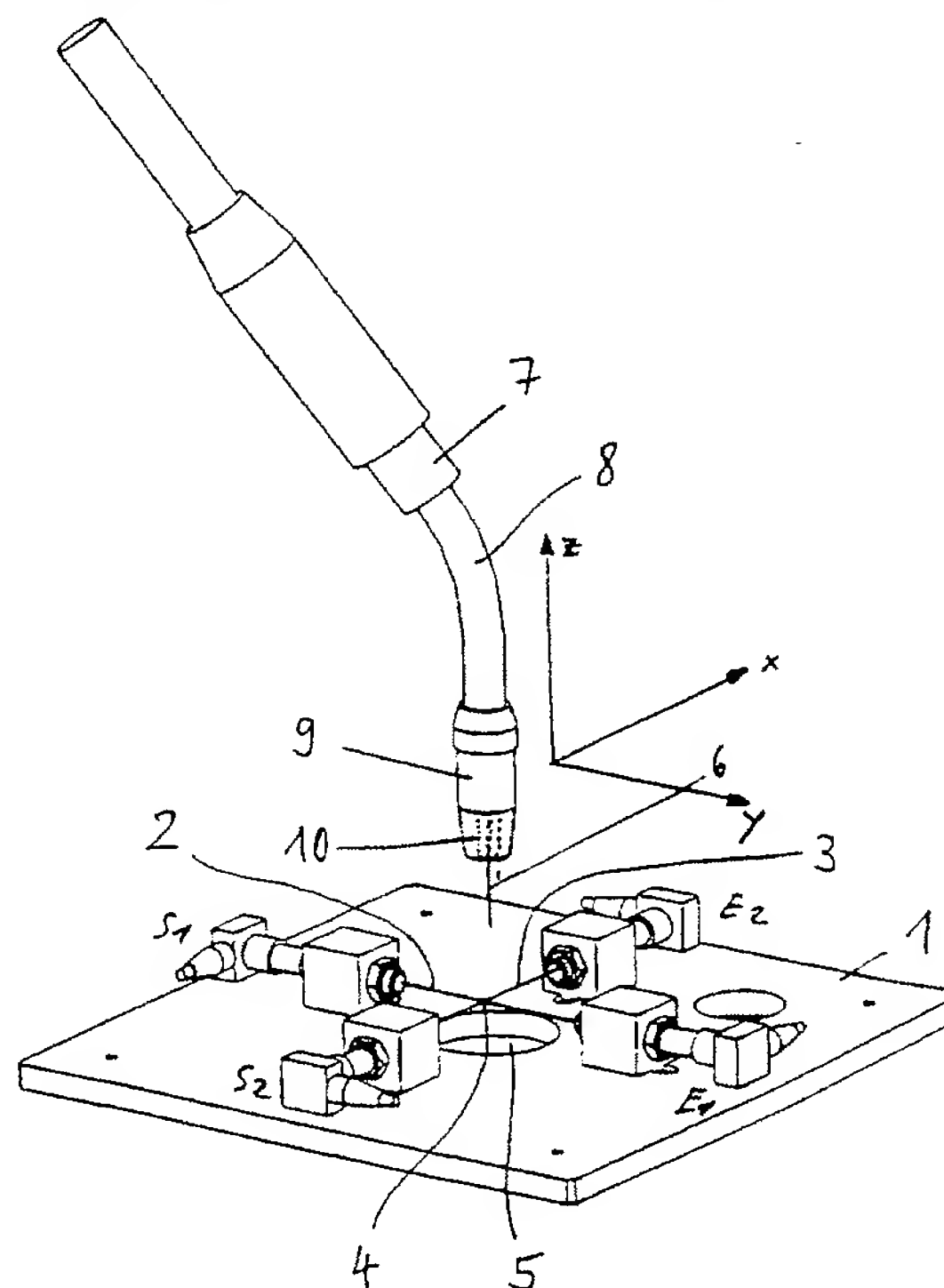
Klie, Helmut, Dr., 85777 Fahrenzhausen, DE;
Niedermeier, Josef, 82290 Landsberied, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	37 24 656 C2
DE	33 31 101 C2
DD	2 13 375

⑤④ Vorrichtung zum Bestimmen der Position des Schweißdrahtes, der Elektrode oder der Achse eines Roboters

⑤⑦ Vorrichtung zum automatischen Bestimmen der Position des Schweißdrahtes (6) oder der Elektrode (12) eines Roboters und/oder zum automatischen Bestimmen der Position der Achsen eines Roboters, mit einer ersten Lichtschranke (S1-E1) und einer zweiten Lichtschranke (S2-E2), die in einem vorzugsweise rechten Winkel zur ersten Lichtschranke verläuft, und mit einer Einrichtung zum Verfahren des Schweißdrahtes bzw. der Elektrode bzw. der Roboter-Achse, bis der Schweißdraht (6) bzw. die Elektrode (12) bzw. die Roboter-Achse die erste Lichtschranke (S1-E1) und die zweite Lichtschranke (S2-E2) unterbricht.



DE 197 54 857 C 2

DE 197 54 857 C 2

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum automatischen Bestimmen der Position des Schweißdrahtes oder der Elektrode eines Roboters und/oder zum automatischen Bestimmen der Position der Achsen eines Roboters.

Bei der industriellen Fertigung werden seit einiger Zeit Roboter bzw. Handhabungsautomaten angewendet. Eine wichtige Aufgabe, die von derartigen Robotern erfüllt werden können, ist dabei das Schweißen von Bauteilen. Der Roboter trägt einen Brenner mit einem Schweißdraht oder einer Elektrode. Hierbei kann es durch Fehlbedienungen oder durch andere Fehler dazu kommen, daß der Brenner an den zu schweißenden Gegenständen oder deren Aufspannvorrichtung oder sonstigen Gegenständen anstößt, wodurch sich die Position des Schweißdrahtes oder der Elektrode verstellen kann. Der Schweißdraht oder die Elektrode befindet sich dann nicht mehr an der vorbestimmten Position, so daß beim Schweißen Fehler auftreten.

Aus der DE 37 24 656 C2 ist es bekannt, mit Hilfe einer Mehrfachlichtschranke, die an einem räumlich bewegbaren Meßarm angebracht, gekrümmte Werkstücke zu vermessen. Eine Positionsbestimmung des Schweißwerkzeugs oder der Achsen eines Roboters erfolgt jedoch nicht.

Aus der DE 33 31 101 C2 ist eine Überwachungsvorrichtung für ein von einem Industrieroboter gehaltenes Schweißwerkzeug bekannt, die mittels kreuzweise angeordneter Näherungsschalter zu große Positionsfehler des Schweißwerkzeuges erfaßt und anzeigt. Hinsichtlich einer exakten Positionsbestimmung des Schweißwerkzeugs ist diese Vorrichtung jedoch verbesserungsfähig.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine vorteilhafte Vorrichtung zum Bestimmen der Position des Schweißdrahtes oder der Elektrode eines Roboters und/oder zum Bestimmen der Achsen eines Roboters zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 gelöst. Die Vorrichtung besitzt also eine erste Lichtschranke und eine zweite Lichtschranke, wobei die zweite Lichtschranke in einem Winkel zur ersten Lichtschranke verläuft. Vorzugsweise verläuft die zweite Lichtschranke in einem rechten Winkel zur ersten Lichtschranke. Durch die beiden Lichtschranken kann die Position des Schweißdrahtes oder der Elektrode einfach, zuverlässig und schnell bestimmt werden. Statt dessen oder zusätzlich ist es möglich, die Position der Achsen des Roboters einfach, zuverlässig und schnell zu bestimmen. Wenn nötig wird die neue Position des Schweißdrahtes oder der Elektrode vermessen. Anschließend kann das gesamte Programm des Roboters um den bestimmten Wert verschoben und weiter zuverlässig durchgeführt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Vorzugsweise liegen die Lichtschranken in einer horizontalen Ebene.

Vorzugsweise werden als Lichtschranken Laserlichtschranken verwendet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand der beigelegten Zeichnung im einzelnen erläutert. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine Vorrichtung zum Bestimmen der Position des Schweißdrahtes eines Roboters in einer perspektivischen Darstellung,

Fig. 2 eine Vorrichtung zur Bestimmung der Position der Elektrode eines Roboters in einer perspektivischen Darstellung,

Fig. 3 die in den **Fig. 1** und **2** gezeigte Vorrichtung mit einem Kalibrierungswerkzeug und

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm für den Betrieb der Vorrich-

tung.

Die in **Fig. 1** gezeigte Vorrichtung zum Bestimmen der Position des Schweißdrahtes eines Roboters besteht aus einer Grundplatte **1**, auf der eine erste Laserlichtschranke S1-E1 montiert ist sowie eine zweite Laserlichtschranke S2-E2. Jede Lichtschranke besteht aus einem Sender S1, S2 und einem zugehörigen Empfänger E1, E2. Die Achsen **2**, **3** der Lichtschranken S1-E1 und S2-E2 liegen in einer horizontalen Ebene. Sie verlaufen in einem rechten Winkel zueinander.

In der Grundplatte **1** ist unter dem Schnittpunkt **4** der Lichtschranken S1-E1 und S2-E2 eine Öffnung **5** vorgesehen.

Die Vorrichtung dient zur Bestimmung der Position des Schweißdrahtes **6**, der sich am Ende des Schweißbrenners **7** befindet. Der Schweißbrenner **7** ist an einem Roboter oder Handhabungsautomat angebracht. Sein vorderes Ende weist eine Abwinklung **8** auf, an die sich eine Gasdüse **9** und eine Kontaktdüse **10** anschließt. Der Schweißdraht **6** verläuft senkrecht zur Ebene, die von den Achsen **2**, **3** der Laserlichtschranken aufgespannt wird. Da diese Ebene in horizontaler Richtung liegt, verläuft der Schweißdraht **6** in vertikaler Richtung.

Wenn die Position des Schweißdrahtes **6** überprüft werden soll, wird der Schweißbrenner **7** zunächst in die in **Fig. 1** gezeigte Stellung gebracht und der Schweißdraht etwa 20 mm ausgefahren. Anschließend wird der Schweißbrenner **7** und mit ihm der Schweißdraht **6** weiter nach unten abgesenkt, bis sich die unten liegende Spitze des Schweißdrahtes **6** unterhalb der von den Achsen **2**, **3** aufgespannten Ebene befindet. Die Öffnung **5** gewährleistet, daß die Spitze des Schweißdrahtes **6** dabei nicht mit der Grundplatte **1** kollidieren kann.

Anschließend wird der Schweißbrenner **7** und mit ihm der Schweißdraht **6** in x-Richtung verfahren, also in Richtung der Achse **3** der zweiten Laserlichtschranke S2-E2. Während des Verfahrens wird die erste Laserlichtschranke S1-E1 verdunkelt, wenn der Schweißdraht **6** die Achse **2** dieser ersten Laserlichtschranke S1-E1 kreuzt. Auf diese Weise kann die tatsächliche Position des Schweißdrahtes **6** auf der x-Achse bestimmt werden.

Anschließend wird der Schweißbrenner **7** und mit ihm der Schweißdraht **6** in y-Richtung verfahren, also in Richtung der Achse **2** der ersten Laserlichtschranke S1-E1. Während dieses Verfahrens verdunkelt der Schweißdraht **6** an einer bestimmten Stelle des Fahrweges die zweite Laserlichtschranke S2-E2. Dies geschieht, wenn der Schweißdraht **6** die Achse **3** der zweiten Laserlichtschranke S2-E2 kreuzt. Auf diese Weise kann die tatsächliche y-Position des Schweißdrahtes **6** bestimmt werden. Der Schweißdraht **6** befindet sich am Ende des Überprüfungsvorgangs im Schnittpunkt **4** der Achsen **2**, **3**. In dieser Stellung verdunkelt er beide Laserlichtschranken. Die Werte der Abweichungen in x- und y-Richtung sind jetzt bekannt. Sie können abgespeichert und für die weitere Arbeit verwendet werden.

Es ist ferner möglich, auch die Position der Spitze des Schweißdrahtes **6** in der Richtung senkrecht zur Ebene der Lichtschranken zu bestimmen, also in der vertikalen z-Richtung. Zu diesem Zweck wird der Schweißdraht **6** zunächst am Schnittpunkt **4** der Achsen **2**, **3** positioniert. Zum Ermitteln der z-Position wird der Brenner anschließend 2 bis 3 mm aus dem Schnittpunkt der beiden Lichtschranken gefahren. Danach kann die Suche in z-Richtung eingeleitet werden. Dabei werden die Lichtschranken entweder durch die Kontaktdüse oder durch die Gasdüse unterbrochen. Die drei neuen Werte x, y und z werden nun zur Umrechnung und Korrektur aller Programme einschließlich des Prüfprogramms verwendet. Der z-Wert kann dann ebenfalls abge-

speichert und für die weitere Arbeit verwendet werden. Der Schweißdraht 6 wird anschließend auf die richtige Länge abgeschnitten.

Nach einer zweiten Arbeitsweise kann die Vorrichtung zur Überprüfung der richtigen Position des Schweißdrahtes 6 verwendet werden. Es kann beispielsweise in regelmäßigen Abständen ein Überprüfungsprogramm durchlaufen werden, um die Position des Schweißdrahtes 6 zu überprüfen. Zu diesem Zweck wird der Schweißdraht 6 an die Soll-Position innerhalb der Vorrichtung zum Bestimmen der Position gefahren. Wenn durch die Vorrichtung festgestellt wird, daß sich der Schweißdraht 6 an der richtigen Stelle befindet, kann die übliche Arbeit weitergeführt werden. Wenn eine Abweichung festgestellt wird, kann entweder ein Alarm angezeigt und anschließend die Ursache durch die Bedienungsperson behoben werden oder die oben beschriebene automatische Vermessung des Schweißdrahtes 6 gestartet werden.

Die Fig. 2 zeigt die Anwendung der Vorrichtung mit einem WIG-Brenner 11, an dessen unteren Ende sich eine Elektrode 12 befindet. Im übrigen entspricht der Aufbau der Vorrichtung derjenigen der Fig. 1, so daß die Bestandteile nicht erneut beschrieben werden müssen.

In der Fig. 3 ist die Vorrichtung mit einem Roboterarm 13 gezeigt, an dem sich ein vertikal nach unten weisendes Kalibrierungswerkzeug 14 befindet. Die Vorrichtung entspricht derjenigen der Fig. 1 und 2, so daß sie nicht erneut beschrieben werden muß. Mit dem Kalibrierungswerkzeug kann die Vorrichtung in einer dritten Betriebsart verwendet werden. Das Kalibrierungswerkzeug 14 besteht aus einem Rundisen, das an der Achse des Roboterarms 13 montiert wird. In dem Kalibrierungswerkzeug 14 ist ein durchgehendes Langloch 15 eingefräst. Durch Verfahren des Kalibrierungswerkzeugs 14 in x- und y-Richtung im unteren und oberen Bereich des Werkzeugs und durch Verfahren in z-Richtung sowie durch entsprechendes Drehen des Kalibrierungswerkzeugs 14 können die exakte Position und auch der Drehwinkel dieses Kalibrierungswerkzeugs 14 und damit des Roboterarms 13 vermessen und bestimmt werden. Durch Drehen des Kalibrierungswerkzeugs 14 in Höhe des Langloches kann die Position der sechsten Achse gefunden werden, da der Lichtstrahl durch das Langloch in einer bestimmten Position des Kalibrierungswerkzeugs hindurchtritt. Die Position des Kalibrierungswerkzeugs 14 wird so lange verändert, bis die Lichtschranke schaltet. Anschließend wird das Kalibrierungswerkzeug 14 mit reduzierter Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung gedreht, bis die Lichtschranke wieder unterbrochen wird. Durch einen Vergleich der ursprünglichen mit der aktuellen Position kann eine Abweichung in allen Achsen des Roboters festgestellt und anschließend für die Korrektur verwendet werden.

Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm. Der Start des Programms erfolgt entweder manuell über eine an der Bedienbox vorgesehene Taste oder zyklisch, also in bestimmten Zeitabständen, die durch das Programm des Roboters vorgegeben werden. Nach dem Start des Programms wird die Ist-Position des Schweißdrahtes bzw. der Elektrode wie oben erläutert bestimmt. Wenn dieser Ist-Wert mit dem Soll-Wert übereinstimmt, wird das Programm des Roboters fortgesetzt. Andernfalls kann eine manuelle Justage erfolgen. Statt dessen kann die aktuelle Ist-Position in der oben erläuterten Weise automatisch gemessen werden, und das Programm des Roboters kann entsprechend automatisch verschoben werden. Danach wird erneut die Ist-Position des Schweißdrahtes bzw. der Elektrode bestimmt. Sie müßte jetzt in Ordnung ("i. O.") sein, so daß das Programm fortgesetzt werden kann. Wenn sie jedoch aus irgendeinem Grund nicht in Ordnung sein sollte, können die Schritte der manuellen Justage

oder der automatischen Positionsbestimmung und -korrektur erneut durchlaufen werden.

Durch die Erfindung wird eine Vorrichtung geschaffen, die beim MIG-MAG oder WIG-Schweißen oder bei Handhabungsaufgaben durch Handhabungsautomaten angewendet werden kann. Sie löst das Problem, daß es durch Fehlbedienungen oder durch andere Fehler dazu kommen kann, daß der Brenner an der Vorrichtung anstößt und sich dadurch etwas verstellt. Dadurch liegt die Schweißnaht um diesen Betrag daneben. Das Ziel der erfindungsgemäßen Prüfeinrichtung besteht darin, den Schweißdraht oder die Elektrode (WIG) auf seine genaue Position überprüfen zu können. Wenn nötig wird die neue Position vermessen und anschließend das gesamte Programm mit den ermittelten Tooldaten verschoben. Die Erfindung bringt den Vorteil mit sich, daß durch diese Überprüfung sichergestellt wird, daß der Roboter sein Programm mit der richtigen Brennerposition abfährt. Dadurch kann der Ausschuß begrenzt und die Nachprogrammierzzeit (Anlagenstillstand) erheblich wenn nicht vollständig gesenkt werden.

Zur Überprüfung von Brenner und Roboter wird zyklisch ein Überprüfungsprogramm durchlaufen, das die Drahtposition überprüft. Die Drahtposition kann beispielsweise 12 bis 15 mm vom Kontaktrühr entfernt gemessen werden. Dadurch kann die Kontaktdüse auf genauen Sitz, Verschleiß sowie auch auf die Drahtqualität (Drall) überprüft werden. Der Roboter fährt so in das Prüfgerät, daß er mit dem Draht, der vorher für eine bestimmte Strecke von beispielsweise 2 cm aus der Kontaktdüse gefahren worden ist, die beiden Laserlichtschranken unterbricht. Der Zustand der beiden Laserlichtschranken wird in der Robotersteuerung überprüft. Wenn beide Lichtschranken unterbrochen werden, ist die Position des Brenners in Ordnung, und das Arbeitsprogramm kann weiter bearbeitet werden. Ist dies nicht der Fall, kann entweder ein Alarm angezeigt und anschließend die Ursache durch die Bedienungsperson behoben werden oder aber die automatische Vermessung des Brenners gestartet werden.

Bei der automatischen Vermessung und Korrektur der Roboter-Programme wird der Brenner so lange in x+-Richtung und x-Richtung bewegt, bis er die erste Lichtschranke S1-E1 unterbricht. Dieser x-Wert wird im Roboterprogramm gespeichert. So wird nun auch für die y-Position vorgegangen (Lichtschranke S2-E2) und der gefundene Wert in eine y-Variable gespeichert. Zum Ermitteln der z-Position muß der Brenner 2 bis 3 mm aus dem Schnittpunkt der beiden Lichtschranken gefahren werden. Danach kann die Suche in z-Richtung eingeleitet werden. Dabei werden die Lichtschranken entweder durch die Kontaktdüse oder durch die Gasdüse unterbrochen. Die drei neuen Werte x, y und z werden nun zur Umrechnung und Korrektur aller Programme einschließlich des Prüfprogramms verwendet.

Nach einer weiteren Anwendung kann der Roboter kalibriert werden. Es kann also eine neue 0-Position des Roboters bestimmt werden. Durch Anbringung eines speziellen Werkzeuges (Kalibrierwerkzeuges) an den Roboterflansch kann durch eine Suchroutine die ursprüngliche mit der aktuellen Position verglichen und anschließend verschoben werden. Dies kann automatisch und dadurch schneller und auch exakter erfolgen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum automatischen Bestimmen der Position des Schweißdrahtes (6) oder der Elektrode (12) eines Roboters und/oder zum automatischen Bestimmen der Position der Achsen eines Roboters, mit einer ersten Lichtschranke (S1-E1) und einer zwei-

ten Lichtschränke (S2-E2), die in einem vorzugsweise rechten Winkel zur ersten Lichtschränke verläuft, und mit einer Einrichtung zum Verfahren des Schweißdrahtes bzw. der Elektrode bzw. der Roboter-Achse, bis der Schweißdraht (6) bzw. die Elektrode (12) bzw. die Roboter-Achse die erste Lichtschränke (S1-E1) und die zweite Lichtschränke (S2-E2) unterbricht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtschränken in einer horizontalen Ebene liegen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtschränken Laserlichtschränken sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, daß der Schweißdraht (6) bzw. die Elektrode (12) bzw. die Roboter-Achse in z-Richtung derart verfahrbar ist, daß deren Position in z-Richtung bestimmbar ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

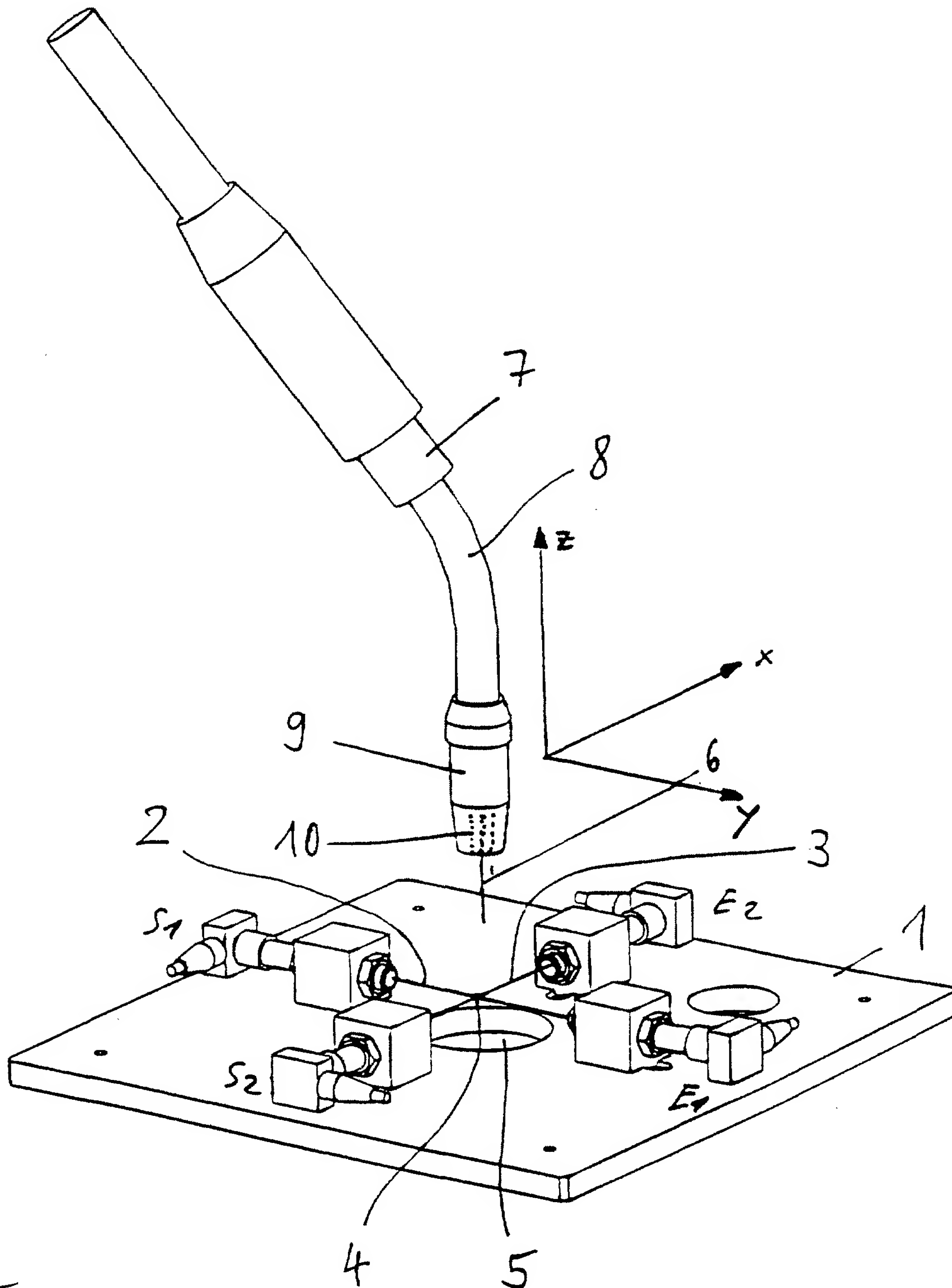


Fig. 1

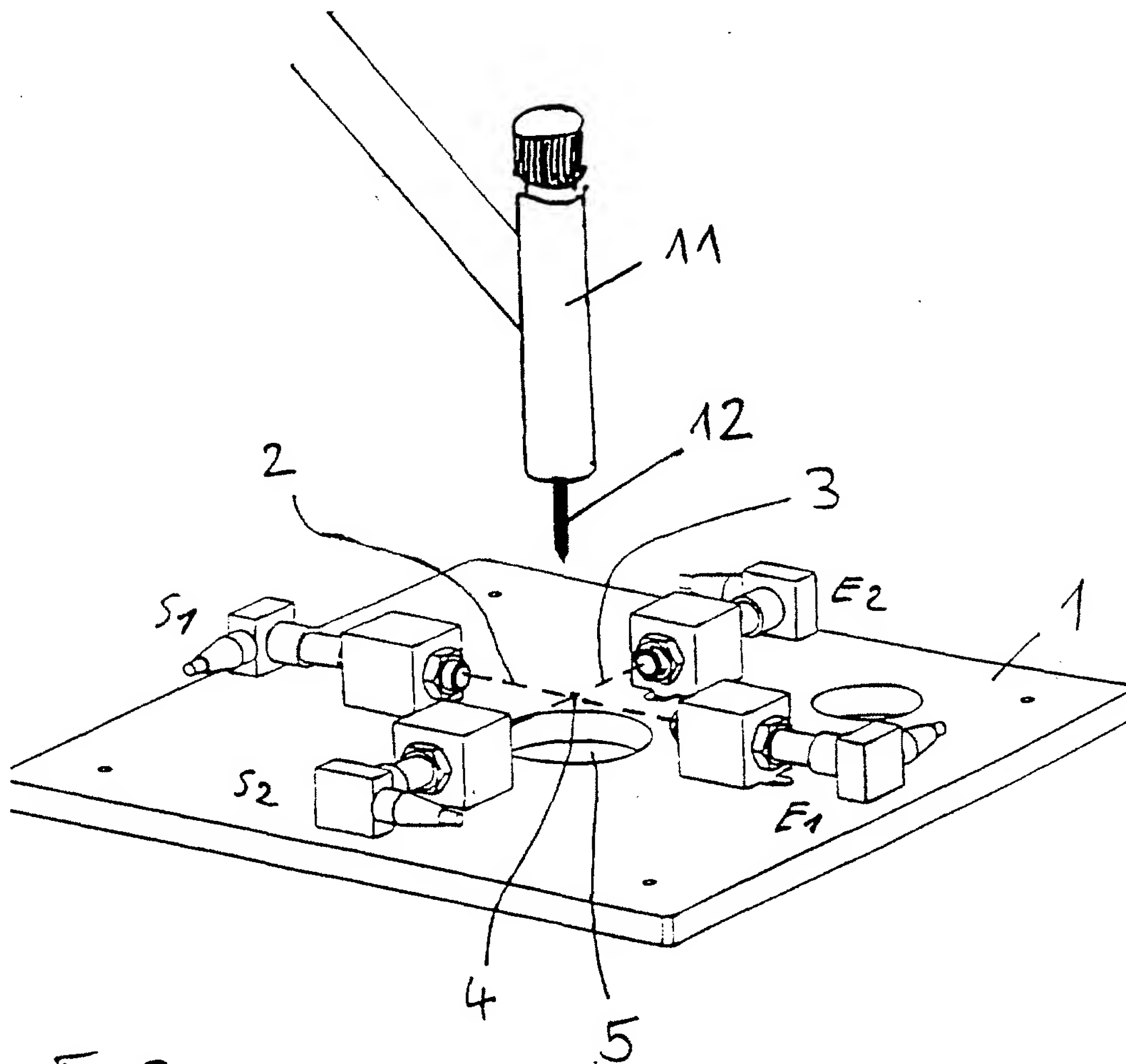


Fig. 2

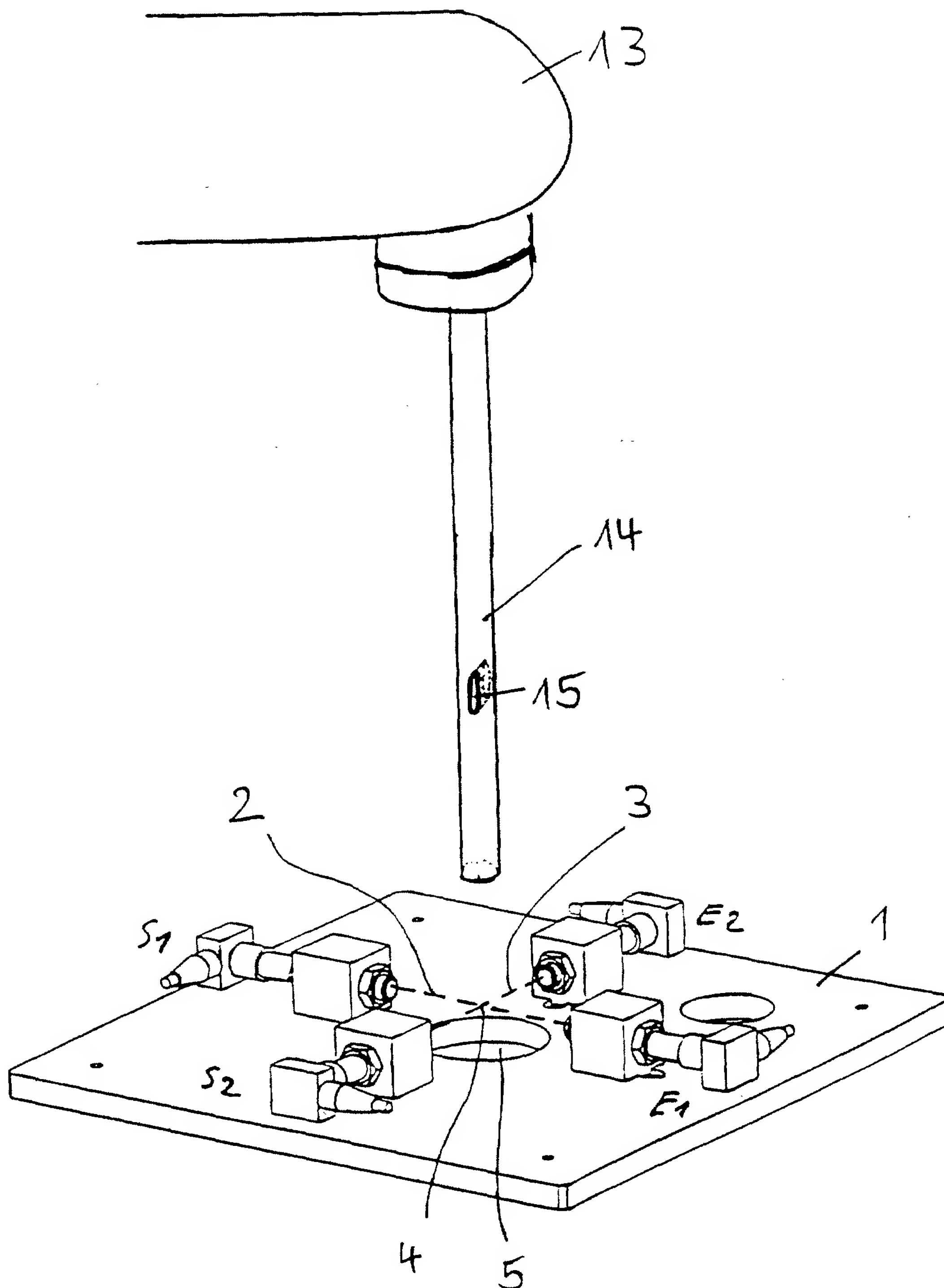


Fig. 3

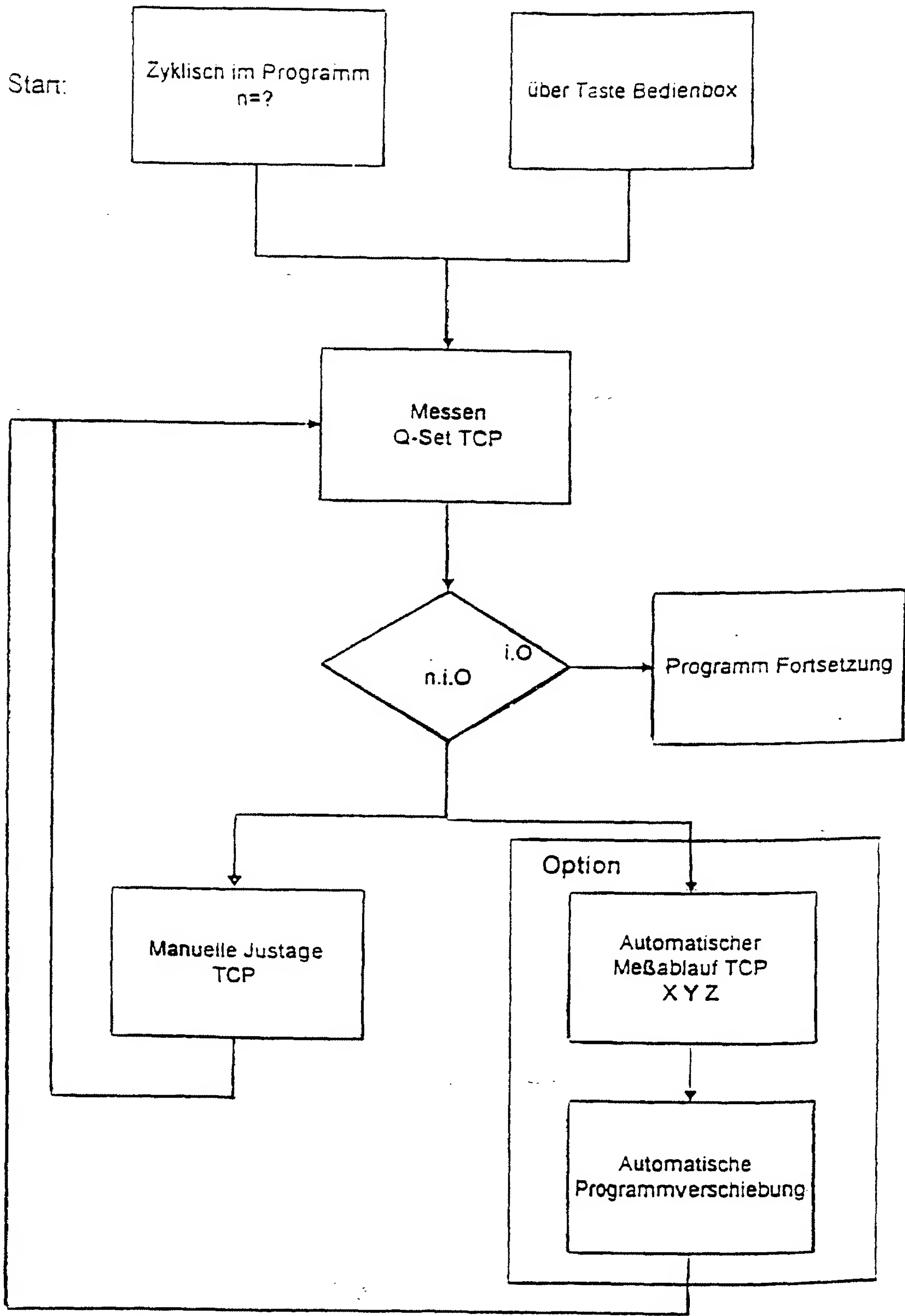


Fig. 4